

#3  
21 Jan 00  
R. Talbot

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Takashi TSUDA, et al.

Serial No.: To Be Assigned

Group Art Unit: To Be Assigned

Filed: October 29, 1999

Examiner: To Be Assigned

For: METHOD AND SYSTEM FOR OPTICAL TRANSMISSION  
ADOPTING DISPERSION COMPENSATION

1-688 U.S. PRO  
09/432112  
11/02/99

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231*

*Sir:*

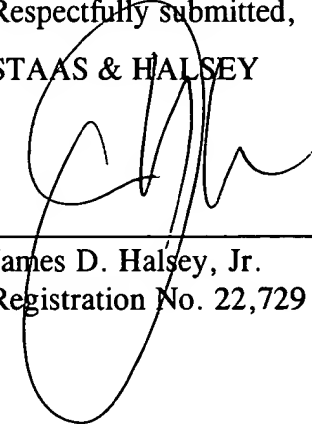
In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, Applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 11-037837, filed February 16, 1999.

It is respectfully requested that Applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY



Date: October 29, 1999

By: \_\_\_\_\_

James D. Halsey, Jr.  
Registration No. 22,729

700 Eleventh Street, N.W.  
Suite 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.



出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 2 月 1 6 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 0 3 7 8 3 7 号

出 願 人

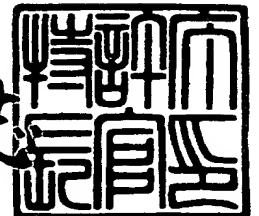
Applicant (s):

富士通株式会社

1 9 9 9 年 7 月 1 4 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

伴 佐 山 建 志



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 4 9 8 9 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 9804462

【提出日】 平成11年 2月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 09/00

【発明の名称】 分散補償が適用される光伝送のための方法及びシステム

【請求項の数】 24

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 津田 高至

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 山根 一雄

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 河崎 由美子

【発明者】

    【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通北海道ディジタル・テクノロジー株式会社内

    【氏名】 岡野 悟

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100075384

    【弁理士】

【氏名又は名称】 松本 昂

【電話番号】 03-3582-7477

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001764

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704374

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償が適用される光伝送のための方法及びシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 分散補償が適用される光伝送のための方法であって、

(a) 各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の区間からなる光ファイバ伝送路を提供するステップと、

(b) 上記光ファイバ伝送路に光信号を供給する光送信機を上記光ファイバ伝送路の一端に設けるステップと、

(c) 上記光ファイバ伝送路からの上記光信号を受ける光受信機を上記光ファイバ伝送路の他端に設けるステップと、

(d) 各隣り合う 2 つの上記区間の間に光増幅器を設けるステップと、

(e) 上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器の各々に付随して分散補償器を設けるステップとを備え、

上記分散補償器は、上記各々予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択される分散値を提供する方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法であって、

上記各区間は概ね  $1.3 \mu\text{m}$  の零分散波長を有するシングルモードファイバからなる方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の方法であって、

上記光信号は概ね  $1.55 \mu\text{m}$  の波長を有している方法。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の方法であって、

上記光信号は波長分割多重された異なる波長を有する複数の光信号からなる方法。

【請求項 5】 分散補償が適用される光伝送のための方法であって、

(a) 各々シングルモードファイバからなる少なくとも 1 つの第 1 の区間と各々分散シフトファイバからなる少なくとも 1 つの第 2 の区間とを含む光ファイバ伝送路を提供するステップと、

(b) 上記光ファイバ伝送路に光信号を供給する光送信機を上記光ファイバ伝送路の一端に設けるステップと、

(c) 上記光ファイバ伝送路からの上記光信号を受ける光受信機を上記光ファイバ伝送路の他端に設けるステップと、

(d) 各隣合う 2 つの上記区間の間に光増幅器を設けるステップと、

(e) 上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器のうち上記第 2 の区間の少なくとも一端に対応する各々を除き分散補償器を付随して設けるステップとを備えた方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の方法であって、  
上記シングルモードファイバは概ね  $1.3 \mu\text{m}$  の零分散波長を有し、  
上記分散シフトファイバは概ね  $1.55 \mu\text{m}$  の零分散波長を有する方法。

【請求項 7】 請求項 5 に記載の方法であって、  
上記光信号は概ね  $1.55 \mu\text{m}$  の波長を有している方法。

【請求項 8】 請求項 5 に記載の方法であって、  
上記光信号は波長分割多重された異なる波長を有する複数の光信号からなる方法。

【請求項 9】 分散補償が適用される光伝送のためのシステムであって、  
各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の区間からなる光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路にその一端から光信号を供給する光送信機と、  
上記光ファイバ伝送路の他端からの上記光信号を受ける光受信機と、  
各隣り合う 2 つの上記区間の間に設けられる光増幅器と、  
上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器の各々に付随して設けられる分散補償器とを備え、

上記分散補償器は、上記各予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を提供するシステム。

【請求項 10】 請求項 9 に記載のシステムであって、  
上記各区間は概ね  $1.3 \mu\text{m}$  の零分散波長を有するシングルモードファイバからなるシステム。

【請求項 11】 請求項 9 に記載のシステムであって、  
上記光信号は概ね  $1.55 \mu\text{m}$  の波長を有しているシステム。

【請求項 12】 請求項 9 に記載のシステムであって、

上記光送信機は、電気信号を上記光信号に変換する E/O 変換器と、上記光信号を増幅するポストアンプとを含み、

上記分散補償器は上記 E/O 変換器と上記ポストアンプの間に設けられるシステム。

【請求項 13】 請求項 9 に記載のシステムであって、

上記光増幅器はカスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器を含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム

。

【請求項 14】 請求項 9 に記載のシステムであって、

上記光受信機は、上記光信号を増幅するプリアンプと、上記光信号を電気信号に変換する O/E 変換器とを含み、

上記分散補償器は上記プリアンプと上記 O/E 変換器の間に設けられるシステム。

【請求項 15】 請求項 9 に記載のシステムであって、

上記光送信機は、各々電気信号を上記光信号に変換する複数の E/O 変換器と、カスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器と、上記複数の E/O 変換器にそれぞれ接続される複数の入力ポート及び上記前段増幅器に接続される出力ポートを有する光マルチプレクサとを含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム

。

【請求項 16】 請求項 9 に記載のシステムであって、

上記光受信機は、カスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器と、各々上記光信号を電気信号に変換する複数の O/E 変換器と、上記後段増幅器に接続される入力ポート及び上記複数の O/E 変換器にそれぞれ接続される複数の出力ポートを有する光デマルチプレクサとを含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム

。

【請求項 17】 分散補償が適用される光伝送のためのシステムであって、

各々シングルモードファイバからなる少なくとも1つの第1の区間と各々分散シフトファイバからなる少なくとも1つの第2の区間とを含む光ファイバ伝送路と、

上記光ファイバ伝送路にその一端から光信号を供給する光送信機と、

上記光ファイバ伝送路の他端からの上記光信号を受ける光受信機と、

各隣り合う2つの上記区間の間に設けられる光増幅器と、

上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器のうち上記第2の区間の少なくとも一端に対応する各々を除いて付随的に設けられる分散補償器とを備えたシステム。

【請求項18】 請求項17に記載のシステムであって、

上記各第1の区間は概ね1.3  $\mu\text{m}$ の零分散波長を有し、上記各第2の区間は概ね1.55  $\mu\text{m}$ の零分散波長を有するシステム。

【請求項19】 請求項17に記載のシステムであって、

上記光信号は概ね1.55  $\mu\text{m}$ の波長を有しているシステム。

【請求項20】 請求項17に記載のシステムであって、

上記光送信機は、電気信号を上記光信号に変換するE/O変換器と、上記光信号を増幅するポストアンプとを含み、

上記分散補償器は上記E/O変換器と上記ポストアンプの間に設けられるシステム。

【請求項21】 請求項17に記載のシステムであって、

上記光増幅器はカスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器を含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム。

【請求項22】 請求項17に記載のシステムであって、

上記光受信機は、上記光信号を増幅するプリアンプと、上記光信号を電気信号に変換するO/E変換器とを含み、

上記分散補償器は上記プリアンプと上記O/E変換器の間に設けられるシステム。

【請求項23】 請求項17に記載のシステムであって、

上記光送信機は、各々電気信号を上記光信号に変換する複数のE/O変換器と、カスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器と、上記複数のE/O変換器にそれぞれ接続される複数の入力ポート及び上記前段増幅器に接続される出力ポートを有する光マルチプレクサとを含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム

【請求項 2 4】 請求項 1 7 に記載のシステムであって、

上記光受信機は、カスケード接続された前段増幅器及び後段増幅器と、各々上記光信号を電気信号に変換する複数のO/E変換器と、上記後段増幅器に接続される入力ポート及び上記複数のO/E変換器にそれぞれ接続される複数の出力ポートを有する光デマルチプレクサとを含み、

上記分散補償器は上記前段増幅器と上記後段増幅器の間に設けられるシステム

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、分散補償が適用される光伝送のための方法及びシステムに関する。

##### 【0 0 0 2】

##### 【従来の技術】

低損失なシリカ光ファイバが開発されたことにより、光ファイバを伝送路として用いる光ファイバ通信システムが数多く実用化されてきた。光ファイバそれ自体は極めて広い帯域を有している。

##### 【0 0 0 3】

しかしながら、光ファイバによる伝送容量は実際上はシステムデザインによって制限される。最も重要な制限は、光ファイバにおいて生じる波長分散による波形歪みに起因する。

##### 【0 0 0 4】

光ファイバはまた例えば約 0. 2 d B / k m の割合で光信号を減衰させるが、この減衰による損失は、エルビウムドープファイバ増幅器 (E D F A) をはじめ

とする光増幅器の採用によって補償されてきた。EDFAは、シリカ光ファイバが最低損失を与える1.55  $\mu\text{m}$ 帯に利得帯域を有している。

#### 【0005】

しばしば単純に分散と称される波長分散は、光ファイバ内における光信号の群速度が光信号の波長（又は周波数）の関数として変化する現象である。例えば標準的なシングルモードファイバにおいては、1.3  $\mu\text{m}$ よりも短い波長に対しては、より長い波長を有する光信号がより短い波長を有する光信号よりも速く伝搬し、その結果としての分散は、通常、正常分散と称される。この場合、分散（単位は  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ）は負の値となる。1.3  $\mu\text{m}$ よりも長い波長に対しては、より短い波長を有する光信号がより長い波長を有する光信号よりも速く伝搬し、その結果としての分散は異常分散と称される。この場合、分散は正の値をとる。

#### 【0006】

近年、EDFAの採用による光信号パワーの増大に起因して、光ファイバの非線形性が注目されている。伝送容量を制限する最も重要な非線形性は光ファイバで生じる光カー効果である。光カー効果は光ファイバの屈折率が光信号のパワー又は強度に伴って変化する現象である。

#### 【0007】

屈折率の変化は光ファイバ中を伝搬する光信号の位相を変調し、その結果、光波形の立ち上がり及び立ち下がりにおいて周波数（波長）のシフトが生じる。この現象は自己位相変調（self-phase modulation: SPM）として知られている。SPMと伝送路の分散とが相俟って波形歪みが更に大きくなることもある。

#### 【0008】

このように、波長分散及びカー効果は、伝送距離の増大に伴って光信号に波形歪みを与える。従って、伝送品質を確保した上で光ファイバによる長距離伝送を可能にするためには、波長分散及び非線形性は制御され、補償されあるいは抑圧されることが必要である。

#### 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

光ファイバ伝送システムにおいて、分散を補償するための方法として、分散補償器を用いる方法がある。分散補償器は、例えば、光ファイバ伝送路の分散を相殺するような分散値を有する分散補償ファイバ（DCF）を含むように構成される。

## 【0010】

光ファイバ伝送システムの一形態として、各々光ファイバからなる複数の区間を接続し、各接続点に光増幅器を設けてなる線形中継システムがある。この種のシステムにおいては分散補償器は通常複数用いられ、各分散補償器は、光送信機、各光増幅器あるいは光受信機に付随して設けられる。各分散補償器は、それによって与えられる分散値の付加によって光ファイバ伝送路全長の分散値が許容範囲内になるように設計される。そのため、区間毎の光ファイバの長さがばらつく場合には、分散補償器の設計が容易でないという問題がある。

## 【0011】

一方、光ファイバ伝送路として使用される光ファイバの種類には、概ね $1.3\mu\text{m}$ の零分散波長を有するシングルモードファイバ（SMF）や概ね $1.55\mu\text{m}$ の零分散波長を有する分散シフトファイバ（DSF）等がある。SMFは $1.55\mu\text{m}$ 波長帯で低損失ではあるが、この波長帯で比較的大きな分散値（例えば $18\text{ps/nm/km}$ ）を有している。SMFは現在広く敷設されているものであり、WDM（波長分割多重）伝送にも対応することができるものである。DSFは、零分散波長を低損失波長帯である $1.55\mu\text{m}$ 帯にシフトしたファイバであり、現在における敷設量はまだ少ない。DSFは、WDM伝送に際して非線形効果の影響を受けやすい。非線形効果の影響を少なくするために、 $1.55\mu\text{m}$ 波長帯で若干の分散を持たせたNZ（ノンゼロ）-DSFも開発されている。

## 【0012】

このように種々の光ファイバからなる複数の区間が混在する場合にも、分散補償器の配置や分散補償量の配分がシステム設計上重要になり、分散補償器の設計が容易でないという問題がある。

## 【0013】

よって、本発明の目的は、分散補償器の設計が容易な光伝送のための方法及びシステムを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面によると、分散補償が適用される光伝送のための方法であって、(a) 各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の区間からなる光ファイバ伝送路を提供するステップと、(b) 上記光ファイバ伝送路に光信号を供給する光送信機を上記光ファイバ伝送路の一端に設けるステップと、(c) 上記光ファイバ伝送路からの上記光信号を受ける光受信機を上記光ファイバ伝送路の他端に設けるステップと、(d) 各隣り合う2つの上記区間の間に光増幅器を設けるステップと、(e) 上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器の各々に付随して分散補償器を設けるステップとを備え、上記分散補償器は、上記各々予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択される分散値を提供する方法が提供される。

【0015】

この方法によると、分散補償器は、各区間の予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を有するように構成され得るので、例えば異なる分散値を与える何種類かの分散補償器を準備しておき、区間の長さに応じて選択される分散補償器を適宜その区間に適用することによって、光ファイバ伝送路全長における分散値を容易に許容範囲内に収めることができるので、分散補償器の設計が容易になり、本発明の目的が達成される。

【0016】

本発明の第2の側面によると、分散補償が適用される光伝送のための方法であって、(a) 各々シングルモードファイバからなる少なくとも1つの第1の区間と各々分散シフトファイバからなる少なくとも1つの第2の区間とを含む光ファイバ伝送路を提供するステップと、(b) 上記光ファイバ伝送路に光信号を供給する光送信機を上記光ファイバ伝送路の一端に設けるステップと、(c) 上記光ファイバ伝送路からの上記光信号を受ける光受信機を上記光ファイバ伝送路の他端に設けるステップと、(d) 各隣合う2つの上記区間の間に光増幅器を設ける

ステップと、(e) 上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器のうち上記第 2 の区間の少なくとも一端に対応する各々を除き分散補償器を付随して設けるステップとを備えた方法が提供される。

## 【0017】

本発明の第 3 の側面によると、分散補償が適用される光伝送のためのシステムであって、各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の区間からなる光ファイバ伝送路と、上記光ファイバ伝送路にその一端から光信号を供給する光送信機と、上記光ファイバ伝送路の他端からの上記光信号を受ける光受信機と、各隣り合う 2 つの上記区間の間に設けられる光増幅器と、上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器の各々に付随して設けられる分散補償器とを備え、上記分散補償器は、上記各々予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を提供するシステムが提供される。

## 【0018】

本発明の第 4 の側面によると、分散補償が適用される光伝送のためのシステムであって、各々シングルモードファイバからなる少なくとも 1 つの第 1 の区間と各々分散シフトファイバからなる少なくとも 1 つの第 2 の区間とを含む光ファイバ伝送路と、上記光ファイバ伝送路にその一端から光信号を供給する光送信機と、上記光ファイバ伝送路の他端からの上記光信号を受ける光受信機と、各隣り合う 2 つの上記区間の間に設けられる光増幅器と、上記光送信機、上記光受信機及び上記光増幅器のうち上記第 2 の区間の少なくとも一端に対応する各々を除いて付随的に設けられる分散補償器とを備えたシステムが提供される。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

以下添付図面を参照して本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。

## 【0020】

図 1 は本発明による光伝送のためのシステムの実施形態を示すブロック図である。このシステムは、光送信機 2 と、光受信機 4 と、光送信機 2 及び 4 を接続する光ファイバ伝送路（光ファイバスパン） 6 とを有している。光ファイバ伝送路 6 は、例えば各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の（図では 4 つ

の) 区間 (セグメント) 8 (#1~#4) からなる。各隣り合う 2 つの区間の間には、光信号の損失を補償するための光増幅器が設けられている。具体的には、区間 8 (#1 及び #2) 間には光増幅器 10 (#1) が設けられ、区間 8 (#2 及び #3) 間には光増幅器 10 (#2) が設けられ、区間 8 (#3 及び #4) 間には光増幅器 10 (#3) が設けられている。

## 【0021】

光送信機 2 は、WDM (波長分割多重) が適用されない 1 チャンネル伝送である場合には、1 チャンネルの光信号を光ファイバ伝送路 6 に送出し、WDM が適用される場合には、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重してなる WDM 信号光を光ファイバ伝送路 6 に送出する。光受信機 4 は光ファイバ伝送路 6 からの光信号又は WDM 信号光を受ける。

## 【0022】

図 2 の (A), (B) 及び (C) はそれぞれ 1 チャンネル伝送における光送信機 2、各光増幅器 10 及び光受信機 4 の構成例を示すブロック図である。光送信機 2 は、図 2 の (A) に示されるように、伝送データに対応する電気信号を光信号に変換する E/O (電気/光) 変換器 12 と、光信号を増幅するポストアンプ 14 とを含む。増幅された光信号は、出力ポート 16 から光ファイバ伝送路 6 の第 1 区間 8 (#1) に送出される。ここでは、分散補償器 DC は E/O 変換器 12 とポストアンプ 14 との間に設けられている。

## 【0023】

光増幅器 10 は、図 2 の (B) に示されるように、入力ポート 18 と出力ポート 20 の間に前段増幅器 22 と後段増幅器 24 とをカスケード接続して構成されている。分散補償器 DC は前段増幅器 22 と後段増幅器 24 の間に設けられる。

## 【0024】

光受信機 4 は、図 2 の (C) に示されるように、光ファイバ伝送路 6 の第 4 区間 8 (#4) に接続される入力ポート 26 からの光信号を増幅するプリアンプ 28 と、増幅された光信号を電気信号に変換する O/E (光/電気) 変換器 30 とを含む。分散補償器 DC はプリアンプ 28 と O/E 変換器 30 の間に設けられる。

## 【 0 0 2 5 】

各分散補償器 DC は、区間 8 ( # 1 ~ # 4 ) の各々の長さの予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を提供する。分散値の設定例については後述する。

## 【 0 0 2 6 】

図 3 の ( A ) , ( B ) 及び ( C ) はそれぞれ WDM 伝送における光送信機 2、各光増幅器 1 0 及び光受信機 4 の構成例を示すブロック図である。光送信機 2 は、図 3 の ( A ) に示されるように、波長  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , ...,  $\lambda_n$  の光信号を出力する E/O 変換器 3 2 と、これらの光信号を波長分割多重してその結果得られた WDM 信号光を出力する光マルチプレクサ ( MUX ) 3 4 と、WDM 信号光を接続するカスケード接続された前段増幅器 3 6 及び後段増幅器 3 8 とを含む。WDM 信号光は出力ポート 4 0 から光ファイバ伝送路 6 の第 1 区間 8 ( # ) に送出される。分散補償器 DC は前段増幅器 3 6 と後段増幅器 3 8 の間に設けられる。各 E/O 変換器 3 2 は伝送データに対応する電気信号を光信号に変換するものである。E/O 変換器 3 2 は光マルチプレクサ 3 4 の対応する数の入力ポートに接続される。光マルチプレクサ 3 4 の出力ポートは前段増幅器 3 6 に接続される。

## 【 0 0 2 7 】

光増幅器 1 0 は、図 3 の ( B ) に示されるように、入力ポート 4 2 と出力ポート 4 4 の間にカスケード接続された前段増幅器 4 6 と後段増幅器 4 8 とを含む。分散補償器 DC は前段増幅器 4 6 と後段増幅器 4 8 の間に設けられる。

## 【 0 0 2 8 】

光受信機 4 は、図 3 の ( C ) に示されるように、光ファイバ伝送路 6 の第 4 区間 8 ( # 4 ) に接続される入力ポートからの WDM 信号光を増幅する前段増幅器 5 2 及び後段増幅器 5 4 と、増幅された WDM 信号光を波長  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , ...,  $\lambda_n$  の光信号に分けるための光デマルチプレクサ ( DMUX ) 5 6 と、これらの光信号をそれぞれ電気信号に変換する複数の O/E 変換器 5 8 とを含む。分散補償器 DC は前段増幅器 5 2 及び後段増幅器 5 4 の間に設けられる。光デマルチプレクサ 5 6 の入力ポートは後段増幅器 5 4 に接続され、光デマルチプレクサ 5 6 の複数の出力ポートはそれぞれ O/E 変換器 5 8 に接続される。

## 【0029】

1 チャンネル伝送及びWDM伝送の各々においては、必要に応じて前段増幅器及び後段増幅器を組み合わせている。この場合、前段増幅器として比較的低雑音のものを、後段増幅器として比較的高出力のものを、分散補償器の損失に起因する雑音指数の低下を防止し且つ所要の高出力を得ることができる。また、WDM伝送のための光送信機及び光受信機の各々において、前段増幅器及び後段増幅器を組み合わせているのは、そうすることにより利得の波長特性をフラットにするのが容易だからである。

## 【0030】

図4は各区間8として使用することができる光ファイバの分散特性を示すグラフである。縦軸は分散 ( $\text{ps}^2/\text{nm}/\text{km}$ )、横軸は波長 ( $\mu\text{m}$ ) を表している。

## 【0031】

各区間8として一般的な石英系のシングルモードファイバ (SMF) を用いた場合、その零分散波長は概ね  $1.3 \mu\text{m}$  である。この場合、零分散波長よりも長い波長の光信号に対しては、異常分散領域となり、分散は正の値をとる。また、零分散波長よりも短い波長の光信号に対しては正常分散領域となり、分散は負の値をとる。

## 【0032】

各区間8としてSMFを用いる場合、損失を最小限にしてその区間をできるだけ長くするためには、光信号の波長はSMFにおいて最低損失を与える  $1.55 \mu\text{m}$  帯 (例えば  $1.50 \sim 1.60 \mu\text{m}$ ) に設定されるので、その光信号に対しては常に異常分散領域となる。従って、全ての区間がSMFからなる場合には、各区間毎に分散補償を行なうことが望ましい。その場合における分散補償量の分配等に関する設定例については後述する。

## 【0033】

各区間8として分散シフトファイバ (DSF) を用いた場合、その零分散波長は概ね  $1.55 \mu\text{m}$  である。零分散波長よりも長い波長を有する光信号に対しては異常分散領域となり、分散は正の値をとる。また、零分散波長よりも短い波長

を有する光信号に対しては正常分散領域となり、分散は負の値をとる。

# 【0034】

DSFの最低損失を与える波長も概ね $1.55\mu\text{m}$ に等しいので、光信号の波長は $1.55\mu\text{m}$ 帯に設定される。従って、光信号の実際の波長とDSFの零分散波長との相対的關係に従って、異常分散領域になるか正常分散領域になるかが決定される。しかしながら、光信号の波長が $1.55\mu\text{m}$ 帯に設定されている限りにおいては、異常分散領域及び正常分散領域のいずれであったとしてもその区間の分散値 ( $\text{ps/nm}$ ) は十分小さいので、DSFからなる区間については分散補償は不要であるかもしれない。つまり、DSFからなる少なくとも1つの区間とSMFからなる少なくとも1つの区間とが混在している場合には、DSFからなる区間についての分散補償器の適用を省略することができる可能性があるのである。そのような例についても後述する。

# 【0035】

【表1】

区間の距離 (km)	分散補償量 ( $\text{ps/nm}$ )		
	光送信機	光増幅器	光受信機
0~20	-600	-200	-200
20~40		-400	
40~60		-700	-600
60~80		-1000	

# 【0036】

表1は、図1に示される区間8 (#1~#4)の全てがSMFからなる場合における各分散補償器DCの分散補償量の設計例を説明するための表である。この例では、光送信機2の分散補償器DCの分散値 (単位は $\text{ps/nm}$ 、以下同様) は-600に定められている。光増幅器10 (#1~#4)及び光受信機4の各々の分散補償器DCの分散値は、すぐ上流側の各区間8の距離 (単位はkm、以下同様) に応じて設定される。例えば、区間8 (#1)の距離が20未満であれば、光増幅器10 (#1)の分散値は-200であり、距離が20以上40未満

であれば分散値は-400であり、距離が40以上60未満であれば分散値は-700であり、距離が60以上80未満であれば分散値は-1000である。また、光増幅器10（#2）の分散補償器DCの分散値も区間8（#2）の距離に応じて同じように設定され、光増幅器10（#3）の分散補償器DCの分散値も区間8（#3）の距離に応じて同じように設定される。光受信機4の分散補償器DCの分散値は、区間8（#4）の距離が40未満であれば-200であり、距離が40以上80未満であれば分散値は-600である。

## 【0037】

本実施形態によると、光ファイバ伝送路6のトータルの分散値を容易に許容範囲内に収めることができるので、分散に起因する波形劣化を抑制して伝送品質を高めることができる。また、各区間8の距離は予め定められた範囲（この例では0～80）内にあるので、各光増幅器10により伝送路損失を容易に補償することができる。また、各光増幅器10の出力パワーを所定の値以上にする必要がないので、非線形効果に起因する波形劣化を抑制して、伝送品質を高めることができる。更に、各分散補償器DCは、各予め定められた距離の範囲（0～20、20～40、40～60、又は60～80）に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を提供するようにしているので、分散補償器DCのメニュー化が可能である。つまり、分散補償器DCの分散値として数種類のものを用意しておき、それを各区間8の距離に応じて選択的に使用することで、容易にシステムの構築を行なうことができる。すなわち、分散補償器の設計が容易な光伝送のための方法及びシステムの提供が可能になる。

## 【0038】

次に区間8（#1～#4）の少なくとも1つにDSFが適用されている場合における分散補償量の設計例について説明する。

## 【0039】

【表 2】

D S F の 適用区間	分散補償量 (ps/nm)				
	光送信機	光増幅器			光受信機
		# 1	# 2	# 3	
第 1 区間	0	- 6 0 0	- 1 0 0 0	- 1 0 0 0	- 6 0 0
第 2 区間	- 6 0 0	- 8 0 0	0	-	- 8 0 0
第 3 区間		- 1 0 0 0	- 8 0 0	0	0
第 4 区間			- 1 0 0 0	- 6 0 0	

【 0 0 4 0 】

表 2 は、図 1 に示される区間 8 ( # 1 ~ # 4 ) の 1 つの区間に D S F が適用され他の 3 つの区間には S M F が適用されている場合における分散補償量の設計例を説明するための表である。第 1 区間 8 ( # 1 ) に D S F が適用される場合には、光送信機 2 の分散補償器 D C は省略され、光増幅器 1 0 ( # 1 ) の分散補償器 D C の分散値は - 6 0 0 であり、光増幅器 1 0 ( # 2 ) の分散補償器 D C の分散値は - 1 0 0 0 であり、光増幅器 1 0 ( # 3 ) の分散補償器 D C の分散値は - 1 0 0 0 であり、光受信機 4 の分散補償器 D C の分散値は - 6 0 0 である。

【 0 0 4 1 】

第 2 区間 8 ( # 2 ) 、第 3 区間 8 ( # 3 ) 及び第 4 区間 8 ( # 4 ) のいずれかに D S F が適用される場合には、光送信機 2 の分散補償器 D C の分散値は - 6 0 0 である。第 2 区間 8 ( # 2 ) に D S F が適用される場合には、光増幅器 1 0 ( # 1 ) の分散補償器 D C の分散値は - 8 0 0 であり、光増幅器 1 0 ( # 2 ) の分散補償器 D C は省略され、光増幅器 1 0 ( # 3 ) の分散補償器 D C の分散値は - 1 0 0 0 であり、光受信機 4 の分散補償器 D C の分散値は - 8 0 0 である。第 3 区間 8 ( # 3 ) に D S F が適用される場合には、光増幅器 1 0 ( # 1 ) の分散補償器 D C の分散値は - 1 0 0 0 であり、光増幅器 1 0 ( # 2 ) の分散補償器 D C の分散値は - 8 0 0 であり、光増幅器 1 0 ( # 3 ) の分散補償器 D C は省略され、光受信機 4 の分散補償器 D C の分散値は - 8 0 0 である。第 4 区間 8 ( # 4 ) に D S F が適用される場合には、光増幅器 1 0 ( # 1 ) の分散補償器 D C の分散

値は-1000であり、光増幅器10（#2）の分散補償器DCの分散値は-1000であり、光増幅器10（#3）の分散補償器DCの分散値は-600であり、光受信機4の分散補償器DCは省略される。

#### 【0042】

尚、各区間の距離は例えば70に設定され、望ましくは各区間の距離はSMFだけが適用される場合と同様に予め定められた範囲（0～80）内にあることが望ましい。

#### 【0043】

このように、本実施形態では、区間8（#1～#4）のいずれか1つにDSFを適用しているので、DSFからなる区間の一端に対応する分散補償器DCを省略することができる。従って、少ない分散補償器の使用にも係わらず、光ファイバ伝送路6のトータルの分散値を許容範囲内に収めることが容易になり、分散に起因する波形劣化を抑制することができ、伝送品質を高めることができる。また、前述と同様に分散補償器DCのメニュー化が可能になるので、分散補償器の設計が容易な光伝送のための方法及びシステムの提供が可能になる。

#### 【0044】

表2による説明ではDSFが1つの区間だけに適用されているものとしたが、2つ以上の区間にDSFが適用されていてもよい。

#### 【0045】

このように、区間8（#1～#4）の少なくとも1つの区間にDSFを適用することによって、DSFが適用される各区間の少なくとも一端に対応する分散補償器を省略することができる。

#### 【0046】

図5は本発明により得られる分散マップの例を示す図である。縦軸は分散値、横軸は光ファイバ伝送路6上の位置又は距離を示している。ここでは、表2において、DSFが第2区間8（#2）に適用されている場合における分散マップが示されている。前述したように光増幅器10（#2）の分散補償器DCは省略されているが、本発明の適用により光ファイバ伝送路6のトータルの分散値が許容範囲内に収まっていることがわかる。

【0 0 4 7】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、分散補償器の設計が容易な光伝送のための方法及びシステムの提供が可能になるという効果が生じる。本発明の特定の実施の形態による効果は以上説明した通りであるのでその説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明による光伝送のためのシステムの実施形態を示すブロック図である。

【図 2】

図 2 の (A) , (B) 及び (C) はそれぞれ 1 チャネル伝送における光送信機、光増幅器及び光受信機の構成例を示すブロック図である。

【図 3】

図 3 の (A) , (B) 及び (C) はそれぞれ WDM (波長分割多重) 伝送における光送信機、光増幅器、光受信機の構成例を示すブロック図である。

【図 4】

図 4 は本発明に適用可能な光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図 5】

図 5 は本発明により得られる分散マップの例を示す図である。

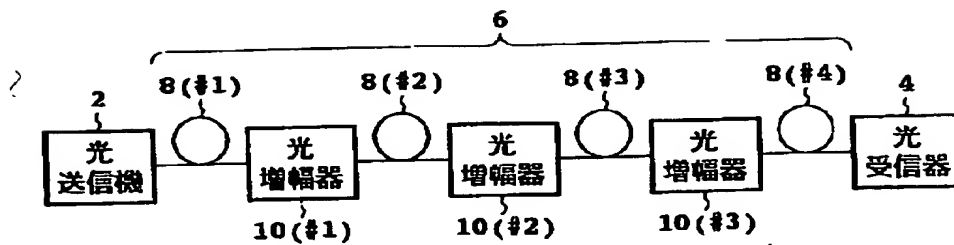
【符号の説明】

- 2 光送信機
- 4 光受信機
- 6 光ファイバ伝送路
- 8 区間
- 1 0 光増幅器
- D C 分散補償器

【書類名】 図面

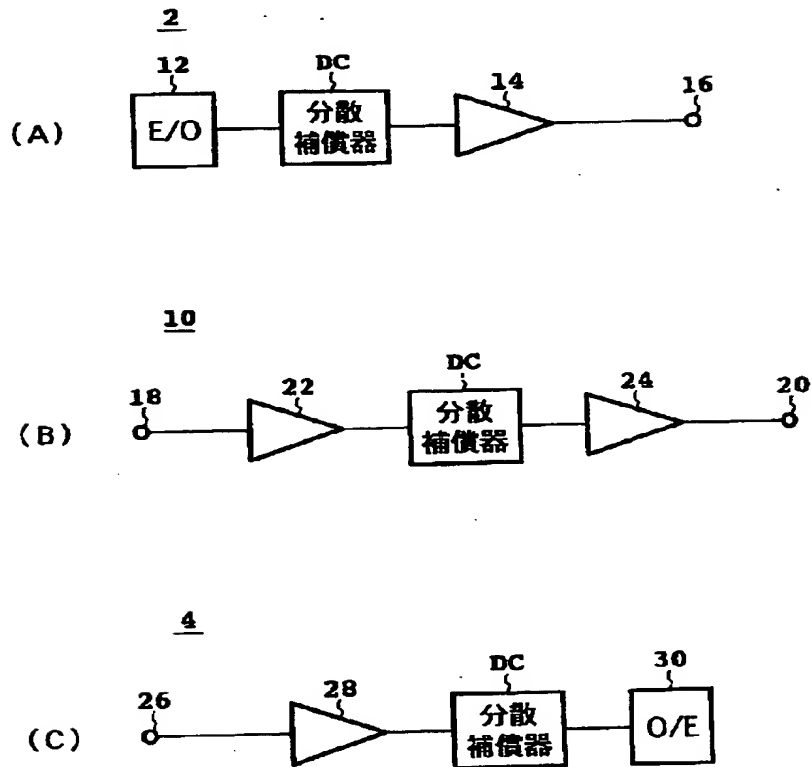
【図 1】

本発明によるシステムの実施形態を示すブロック図



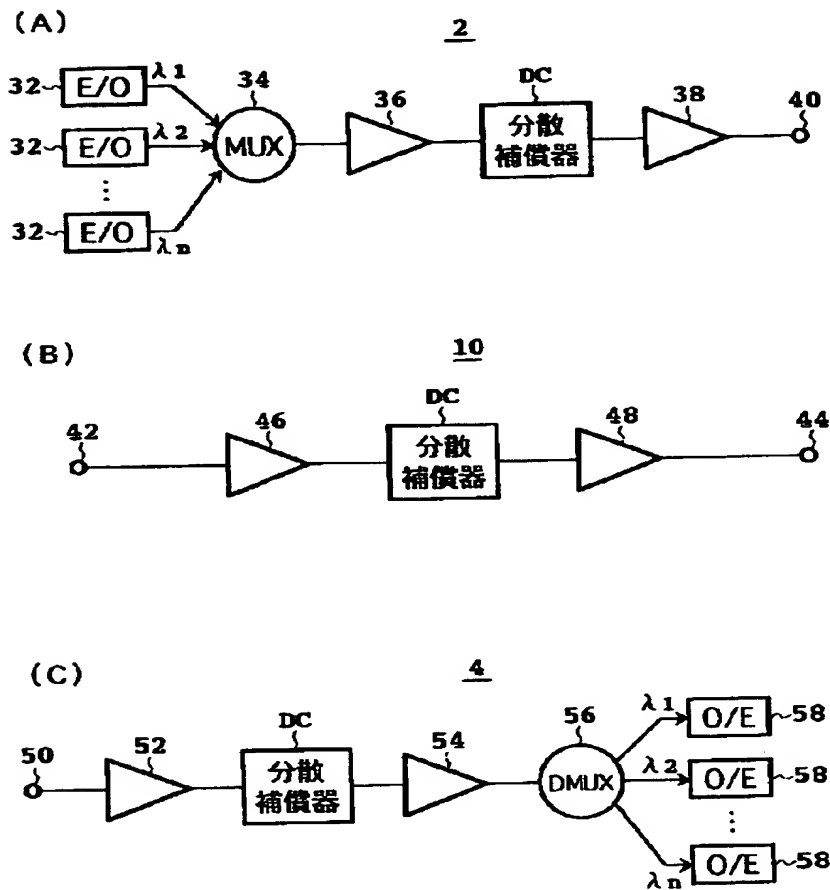
【図 2】

1チャンネル伝送における光送信機、  
光増幅器及び光受信機の構成例を示すブロック図



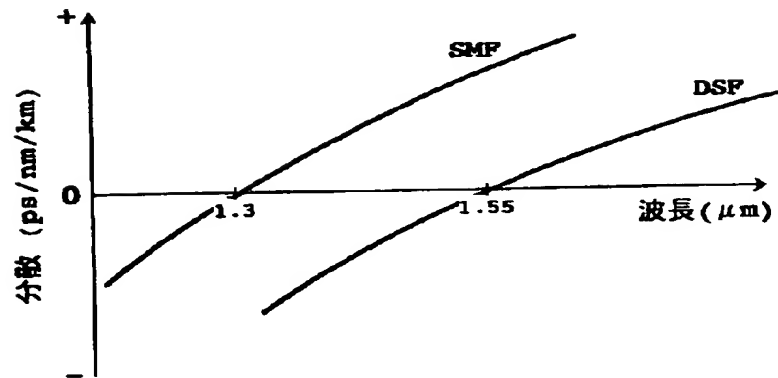
【図 3】

WDM伝送における光送信機、  
光増幅器及び光受信機の構成例を示すブロック図



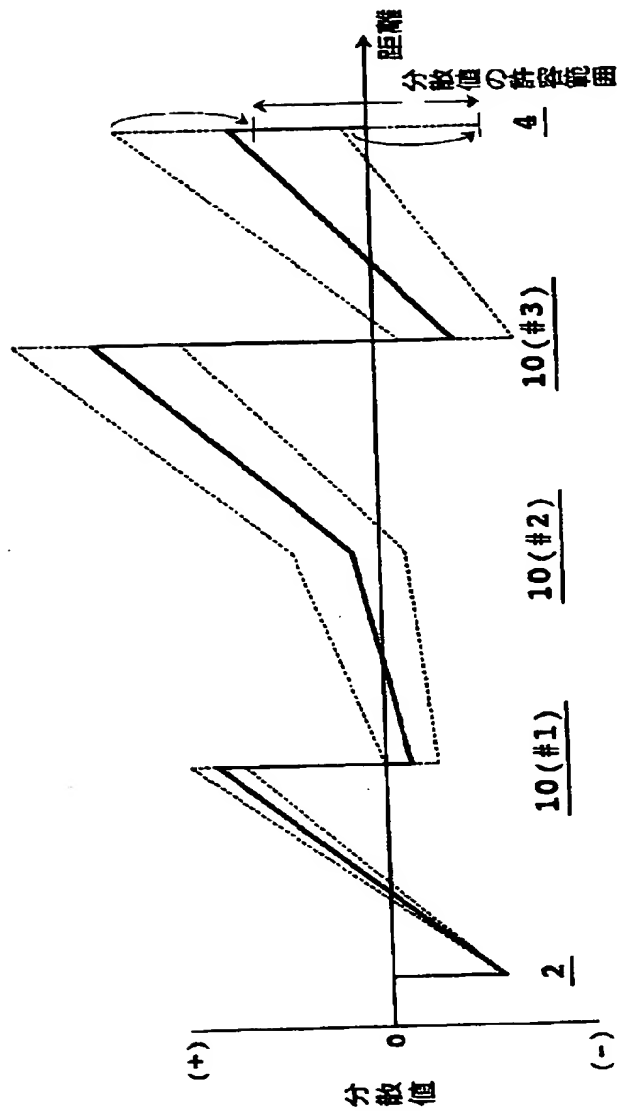
【図 4】

光ファイバの分散特性を示すグラフ



【図 5】

本発明により得られる分散マップの例を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は分散補償が適用される光伝送のための方法及びシステムに関し、分散補償器の設計が容易な方法及びシステムの提供を主な課題としている。

【解決手段】 各々予め定められた範囲内にある長さを有する複数の区間 8 からなる光ファイバ伝送路 6 が提供される。伝送路 6 に光信号を供給する光送信機 2 が伝送路 6 の一端に設けられる。伝送路 6 からの光信号を受ける光受信機 4 が伝送路 6 の他端に設けられる。各隣り合う 2 つの区間 8 の間に光増幅器 1 0 が設けられる。光送信機 2、光受信機 4 及び光増幅器 1 0 の各々に付随して分散補償器 DC が設けられる。分散補償器 DC は、各予め定められた範囲に応じて決定される段階的な複数の分散値から選択された分散値を提供する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社